

# 国际土壤质量研究热点与趋势 ——基于大数据的Citespace可视化分析

李彬彬<sup>1</sup>, 许明祥<sup>1,2\*</sup>, 巩晨<sup>2</sup>, 李盼盼<sup>1</sup>

(1. 西北农林科技大学林学院, 陕西杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所,  
黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西杨凌 712100)

**摘要:**论文利用文献计量学方法定量分析了土壤质量研究领域的科学文献,结果显示国际土壤质量研究热点从有机质及其组分对管理措施的响应、微生物指标敏感性、土壤质量定义到土壤质量评价方法、评价指标和框架的完善,在农业生产与环境保护中的应用性不断加强。目前,土壤质量的监测及其对土壤修复、全球气候变化的响应是未来研究热点。主要研究趋势有:1)发展中国家将在土壤质量研究领域中发挥重要作用;2)土壤质量对土壤修复、全球气候变化的响应以及应对措施成为未来的研究重点;3)可持续发展仍然是土壤质量研究的主题,不同国家及地区应根据自身特点进行土壤质量评价、监测、修复研究,制定法律,保障土壤管理的规范化和可持续化。

**关键词:**土壤质量;研究热点;研究趋势;科学知识图谱;Citespace

**中图分类号:** S154.1      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-3037(2017)11-1983-16

土壤是人类赖以生存与发展的重要物质基础,是植物生长发育的基质。它为植物的健康生长提供水分、养分以及生物物质,为动物的生长生活提供栖息场所以及容纳、降解、净化污染物和维持生态平衡,在促进社会经济持续发展等诸多功能方面都具有不可替代性<sup>[1]</sup>。随着工业化进程的不断加快,人与土地之间的矛盾也不断加剧,使得土壤质量问题的研究受到全世界的广泛关注<sup>[2-5]</sup>。农业的稳产高产、生态环境的保护都需要我们正确认识土壤在环境中的作用,同时需要我们加强土壤质量的研究<sup>[6]</sup>。

进入20世纪90年代以来,国际上关于土壤质量研究的文献大量涌现,涉及的学科和内容非常广泛。目前针对土壤质量相关文献的综述已有不少,其中国外学者就土壤质量概念与应用<sup>[7]</sup>、评价指标<sup>[8-9]</sup>、耕作、种植制度、作物残茬管理对土壤质量的影响<sup>[10-13]</sup>等方面展开评述;国内对土壤质量研究综述多集中在土壤质量评价方法<sup>[14]</sup>、指标<sup>[15]</sup>、标准<sup>[16]</sup>以及可持续土地管理<sup>[17]</sup>方面。这些研究综述的发表对国内外学者了解以及推动土壤质量研究发挥了重要作用。但是面对成千上万的庞大文献群,以文献阅读、总结归纳、定性探讨为主要方法的传统文献综述存在明显的局限性,如Karlen等<sup>[10]</sup>、Sparrow等<sup>[11]</sup>、Sithole等<sup>[12]</sup>仅就土壤质量的某个方面进行了文献综述,其参考价值的高低也取决于研究者本身

收稿日期: 2016-09-12; 修订日期: 2016-11-12。

基金项目: 科技基础性工作专项(2014FY210100); 中国科学院重点部署项目(KJZD-EW-TZ-G10)。**[Foundation items:** Science and Technology Basic Work, No. 2014FY210100; Chinese Academy of Sciences Key Deployment Project, No. KJZD-EW-TZ-G10.]

第一作者简介: 李彬彬(1991-),男,山东德州人,硕士研究生,研究方向为土壤质量评价及演变研究。E-mail: double.bin@hotmail.com

\*通信作者简介: 许明祥(1972-),男,陕西杨凌人,博士,副研究员,主要从事土壤质量演变与调控研究。E-mail: xumx@nwauaf.edu.cn

的研究水平，无法客观、全面地反映该领域的发展脉络以及研究趋势。因此，还需要采用更为科学的方法对以上问题做进一步的分析和探讨。

目前，科学计量学与信息计量学技术的迅速发展，为大数据可视化研究提供了可靠的途径，同时也弥补了传统文献综述的不足。由美国德雷赛尔大学陈超美教授于2004年首次推出的基于Java环境的引文网络分析工具Citespace<sup>[18-19]</sup>，主要用于科学文献数据计量和分析、识别和显示科学发展新趋势和新动态，并在分析和可视化共引网络方面具有准确、便利和高效的特点，因此，本研究选取Citespace V作为主要分析软件。但该软件只能勾勒出研究领域的概况，无法提供更深入的文献细节，所以本研究依据Citespace V的分析结果，结合对文献的批判性阅读，进一步系统梳理该领域的研究文献，从而分析国际土壤质量研究热点及研究趋势，为未来土壤质量研究提供一些借鉴和启示。

## 1 数据与方法

### 1.1 研究思路

通过文献共被引发现关键文献，进一步通过文献聚类分析，解读土壤质量研究主题的演进规律及其驱动因素；结合文献突现分析、关键词突现分析展现研究热点的变迁，并发现未来的研究趋势（图1）。在本研究中，Citespace V参数设置具体如下：时间段为1992—2016年，以1 a为时间切片，节点类型分别选择被引文献和关键词，文献选取标准为每个时间切片内被引量前50的文章，选择寻径剪枝方式。

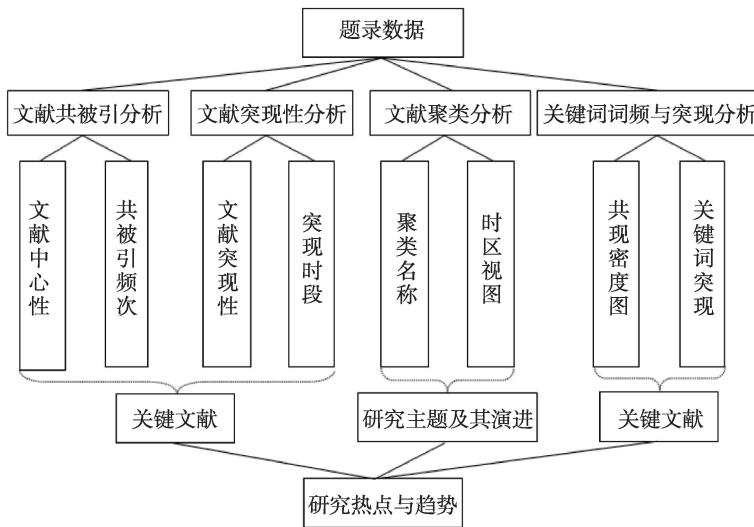


图1 研究思路和主要方法

Fig. 1 Research ideas and methods

### 1.2 数据获取

本文所使用的数据来源于Web of Science (WOS)核心数据库。数据采集时间为2016年8月11日，检索条件为：主题为土壤质量 (Topic=soil quality)，文献类型为Article，共检索出5 551条文献，每份文献包括了标题、作者、摘要、关键词、参考文献等信息。在筛选主题词时，本研究排除了土壤肥力 (soil fertility) 和土壤健康 (soil health) 两个范畴相近的主题词。因为土壤质量是土壤肥力质量、土壤环境质量和土壤健

康质量3个既相对独立又有机联系组分的综合集成,且土壤质量的定义已超越了土壤肥力的概念,二者有联系又有差别。土壤健康侧重于土壤的描述性和定性特征,而土壤质量注重土壤的分析性和数量化特征。因此,从土壤质量研究领域的发展出发,以“soil quality”作为主题词可以满足研究热点与研究趋势的探讨。

## 2 国际土壤质量研究概况

进入20世纪90年代以来,国际上对土壤质量的研究热度不断升高,相关文献呈井喷式出现。国际土壤质量研究年发文总量在1992—2008年左右呈缓慢上升状态,2008年之后呈现快速发展状态[图2(a)],而土壤质量研究的两个主要方向(WOS给出)农业方向和环境方向的关注度也在不断升温,土壤质量研究相对更偏向农业方向。非洲和澳洲的土壤质量研究相对较少,北美则起步较早[图2(b)],在20世纪90年代初开展了较多关于土壤质量方面的研究,2005年之后,欧洲对土壤质量的关注度迅速升温,这是由于欧洲面临严重的土壤退化问题<sup>[20]</sup>,北美地区则发展速度放缓。亚洲和南美洲在该领域的研究起步较晚,2008年之后发展速度加快,其中以亚洲最为突出。中国、印度、巴西作为发展中国家在土壤质量方面研究起步晚,但后期发展加快;美国起步较早,前期开展了大量研究,后期速度变缓;中国在土壤质量研究领域异军突起,近几年发文数量已超越美国[图2(c)]。土壤质量与粮食安全、人类健康以及社会经济的可持续发展息息相关<sup>[21-22]</sup>。以中国为首的发展中国家,人口众多,土地资源紧张,一直受到环境问题和粮食问题的困扰,进入21世纪,粮食问题与环境问题日益突出,引发了各国对土壤质量的关注,致

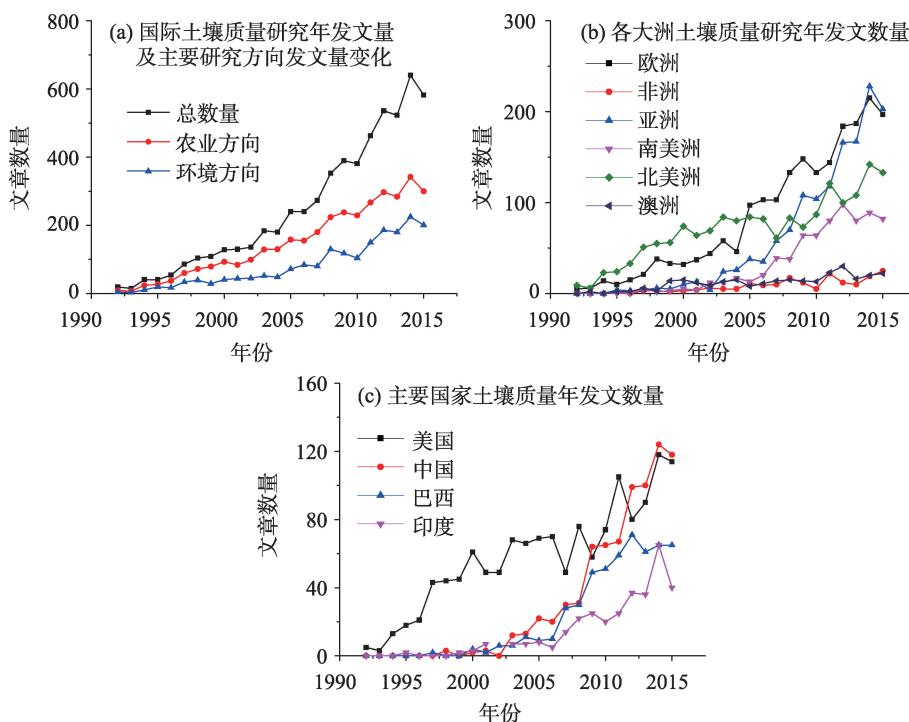


图2 国际土壤质量研究年发表论文数量

Fig. 2 The publication number of international soil quality research

力于寻求一条可持续发展的道路。土壤质量评价也被视为衡量环境质量、粮食安全与经济问题的有效工具<sup>[23-24]</sup>。

### 3 国际土壤质量研究热点及发展趋势

一个研究领域的关键文献往往意味着该领域在理论上或概念上有重大突破和创新，反映了该文献发表时期的焦点主题，而研究热点是在一定时期被较多关注的研究主题。文本以关键文献的聚类分析进行研究阶段的划分，以文献和关键词的突现展现研究热点的变迁以及未来的发展趋势。

#### 3.1 关键文献

以1 a为时间切片，节点类型为参考文献，选取Top 50（被引量前50篇文章）绘制文献共被引图谱。引文年轮代表着某篇文章的引文历史，年轮颜色代表相应的引文时间，年轮厚度与相应时间分区内的引文数量成正比。中心度较高的文献可能成为网络中由一个时间段向另一个时间段过渡的关键点，具有一定程度的理论创新。突现性较高的文献是指在某一阶段被引次数迅速上升的文献，这类文献可能会成为后来的中心文献和研究热点。本研究共探测出中心性在0.01以上的文献共204篇，为突出关键文献，截取中心性在0.03以上的文献共44篇。所选取的这44篇高中心性文献的被引频次和突现性均较大，它们是土壤质量研究文献群中起到关键作用或具有转折意义的文献，是不同时期的基础性、奠基性经典文献，对该领域学术发展发挥着重要作用。图3中，共被引频次较高、中心度较大的节点年轮较大，是引发大量学者关注或发生研究转向的文献（为避免文献较多而造成文字叠加，本图仅列出共被引量大于17的文献）。图中红色年轮代表突现性较大的关键文献，由蓝色区域到红色区域分别代表了1992—2016年的研究时段。

首先从中心性上来看（表1、表2），最大的5篇文章作者（中心性大于0.1）分别是

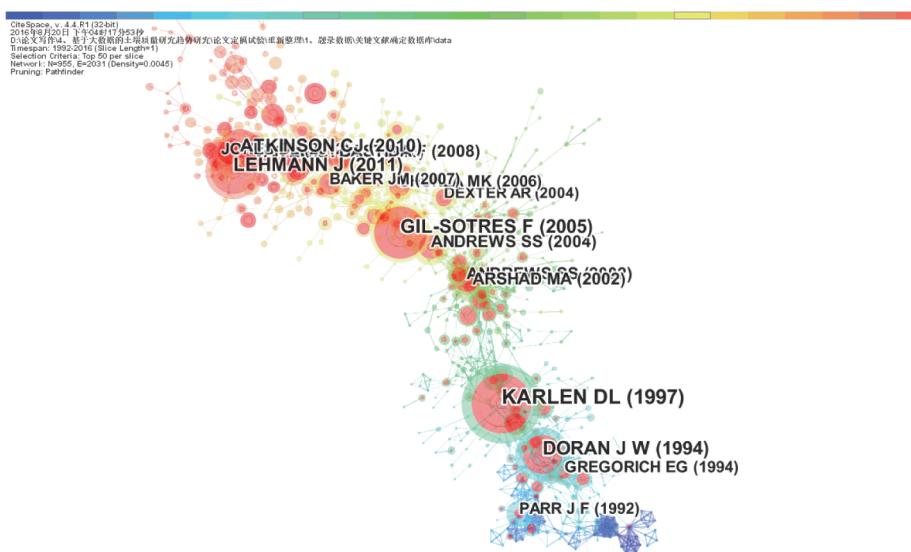


图3 文献共被引聚类视图  
Fig. 3 The view of co-cited literature

表1 关键文献基本信息

Table 1 The basic information of crucial literature

序号	年份	标题
1	2000	Identification of regional soil quality factors and indicators: I. Central and Southern High Plains
2	1994	Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils
3	1997	Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation
4	2002	Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: A global data analysis
5	1992	Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria
6	2005	Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties
7	2007	Tillage and soil carbon sequestration—what do we really know?
8	2006	Determining soil quality indicators by factor analysis
9	2002	A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in northern California
10	2002	Soil quality for sustainable land management: Organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions
11	2002	A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico
12	2006	Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality
13	1999	Soil biochemical response to long-term conservation tillage under semi-arid Mediterranean conditions
14	2007	No-tillage and soil-profile carbon sequestration: an on-farm assessment
15	1997	Reservations regarding the soil quality concept
16	2008	Impact of tillage practices on organic carbon and nitrogen storage in cool, humid soils of eastern Canada
17	1993	Early changes in water-stable aggregation induced by rotation and tillage in a soil under barley production
18	2007	Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming
19	2004	Tillage and cropping effects on soil quality indicators in the northern Great Plains
20	2001	A comparison of soil quality in adjacent cultivated, forest and native grassland soils
21	2002	Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems
22	2009	Evaluating soil quality indices in an agricultural region of Jiangsu Province, China
23	1999	Field management effects on soil enzyme activities
24	2008	Alternative soil quality indices for evaluating the effect of intensive cropping, fertilisation and manuring for 31 years in the semi-arid soils of India
25	2007	Bio-energy in the black
26	2002	Soil health and global sustainability: translating science into practice
27	1994	Labile soil organic-matter as influenced by cropping practices in an arid environment
28	2001	Soil quality: Current concepts and applications
29	1993	Soil quality and financial performance of biodynamic and conventional farms in New-Zealand
30	1997	A landscape-scale study of soil quality in three prairie farming systems
31	1997	Management controls on soil carbon
32	1992	Crop-rotation and residue management effects on soil carbon and microbial dynamics
33	1994	Defining soil quality for a sustainable environment
34	2004	Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security
35	2008	Past, present and future of soil quality indices: A biological perspective
36	2011	Biochar effects on soil biota—A review
37	2004	Soil physical quality—Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth
38	1994	Crop residue effects on soil quality following 10-years of no-till corn
39	2000	Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh
40	2006	Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy
41	2004	Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under contrasting agricultural management regimes
42	2002	On-farm assessment of soil quality in California's central valley
43	1991	Effect of cropping practices on the initial potential rate of N mineralization in a thin Black Chernozem
44	1994	Water-stable aggregates and organic-matter fractions in conventional-tillage and no-tillage soils

表2 关键文献指标信息

Table 2 The index information of crucial literature

序号	1	2	3	4	5	6	7	8
共被引频次	32	39	82	20	14	85	44	59
中心性	0.24	0.21	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08
突现强度	12.44	18.75	31.55	9.42	7.05	27.31	11.7	15.97
第一作者	JJ Brejda	E G Gregorich	D L Karlen	T O West	M A Arshad	F Gil-sotres	J M Baker	M K Shukla
年份	2000	1994	1997	2002	1992	2005	2007	2006
半衰期/a	6	6	4	6	7	6	6	6
序号	9	10	11	12	13	14	15	16
共被引频次	42	22	31	37	17	31	15	20
中心性	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
突现强度	14.98	10.36	14.37	13.30	8.67	8.59	6.05	5.92
第一作者	S S Andrews	M R Carter	A J Franzluebbers	B Govaerts	R E Sojka	E Madejon	D A Angers	C H Blanco
年份	2002	2002	2002	2006	1999	2007	1997	2008
半衰期/a	5	6	7	7	4	5	2	7
序号	17	18	19	20	21	22	23	24
共被引频次	6	33	14	10	36	34	31	27
中心性	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04
突现强度		8.75	6.63	4.7	16.57	14.86	14.48	10.12
第一作者	D A Angers	A Fliessbach	M A Liebig	A Saviozzi	M A Arshad	Q i Y B	A K Bandick	R E Masto
年份	1993	2007	2004	2001	2002	2009	1999	2008
半衰期/a	6	6	6	8	5	6	6	6
序号	25	26	27	28	29	30	31	32
共被引频次	26	28	19	19	12	11	12	6
中心性	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
突现强度	10.03	9.95	8.80	7.65	6.04	5.98	5.18	3.75
第一作者	J Lehmann	J W Doran	V O Biederbeck	D L Karlen	J P Reganold	M M Boehm	K Paustian	H P Collins
年份	2007	2002	1994	2001	1993	1997	1997	1992
半衰期/a	6	5	5	7	4	5	8	7
序号	33	34	35	36	37	38	39	40
共被引频次	86	32	53	40	34	19	16	28
中心性	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
突现强度	40.57	17.00	15.55	15.05	12.93	9.71	7.32	7.13
第一作者	J W Doran	R Lal	F Bastida	J Lehmann	A R Dexter	D L Karlen	K R Islam	S Marinari
年份	1994	2004	2008	2011	2004	1994	2000	2006
半衰期/a	6	7	6	3	5	6	7	7
序号	41	42	43	44				
共被引频次	17	13	9	7				
中心性	0.03	0.03	0.03	0.03				
突现强度	6.86	5.95	5.12	3.64				
第一作者	G D Bending	S S Andrews	C A Campbell	M Beare				
年份	2004	2002	1991	1994				
半衰期/a	5	4	5	3				

J. J. Brejda、E. G. Gregorich、D. L. Karlen、T. O. West、M. A. Arshad, 中心性分别为0.24、0.21、0.11、0.11、0.10。Brejda等<sup>[25]</sup>应用因子分析、判别分析等统计方法在区域尺度上对土壤质量指标进行了筛选,这对后来土壤质量指标的选取、土壤质量的大尺度监测提供了新的客观科学的思路。Gregorich等<sup>[26]</sup>认为土壤有机质是由多种属性构成的而非一个简单的整体,这些属性包括全量有机碳氮、轻组和颗粒有机碳、矿化碳和氮、微生物生物量、土壤碳水化合物、酶,这些敏感指标的提出为后期广泛研究农业管理措施的科学性和可持续性提供了一个新的途径。Karlen等<sup>[7]</sup>在总结前人经验的基础上,重新阐释了土壤质量的概念,将生物生产、环境质量、人类和动物健康纳入了土壤质量体系,这也扩展了土壤质量的内涵性、包容性和科学性,与人文社会联系更紧密。West等<sup>[27]</sup>则引发了人们对农业固碳的关注。Arshad<sup>[9]</sup>呼吁建立一套土壤质量评价标准,并强调不同农业系统及其交互作用、土壤质量监测及其方法、建立长期试验的重要性。以上文献发表较早,处于全球土壤退化意识觉醒时期,完善了土壤质量概念、评价标准、评价指标的科学选取及农业管理措施的可持续性评价,所以成为该领域的重要文献。

突现性反映了文献在一定时期被引频次的增长情况,突现性越大,说明被引频次增长越快。44篇文献中有3篇文献的突现性显著高于其他文献。Doran等<sup>[28]</sup>(突现性40.57)第一次将土壤质量比较系统地展现在人们眼前,并分别就其概念、评价框架、应用以及生物重要性进行了系统的论述,这在土壤质量概念还不被广泛接受的时期极大地推动了该领域的发展。而Karlen等<sup>[7]</sup>又在此基础上将土壤质量进行了完善; Gil-sotres等<sup>[29]</sup>详细论述了土壤质量生物指标的选取以及所面临的问题,为未来利用土壤生物指标评价土壤质量提出了发展方向。

经典文献都密切关注了文献发表时期该领域发展的热点问题,因其较高的社会关注度、创新性和系统性,从而引发其他学者大量引用。通过对44篇经典文献内容的分析,2000年以前多关注农业管理措施对有机质的影响和土壤质量的概念,2000年以后,对土壤质量评价方法、评价指标尤其是生物学指标的研究不断兴起,更多地注重土壤质量在农业和环境方面的应用,2008年以来,关于土壤质量与全球气候变化、土壤修复的关系研究受到更多学者关注。从整个过程来看,土壤质量从概念的产生到广泛的应用,一直围绕农业与环境的可持续发展,这也是人类可持续发展的主题之一。

### 3.2 研究主题及其演进

本研究中所认为的“研究主题”是指在一定时段内,众多学者探讨和解决的中心问题,Citespace V通过对文献共被引的分析,将研究内容相似的文献进行归类并命名。通过对5 551篇文献进行共被引分析,共获取28个聚类,如果聚类中文献数量较少,则会影响其命名的准确性,因此本研究选取文献数量在30篇以上的8个聚类进一步分析,聚类的时间分布和命名见图4。通过图4可以发现,研究早期(2000年以前)主题较为分散,主要集中在土壤管理(#4)、农业生态系统(#7)、微生物生物量(#6)、土壤质量概念(#1)等方面,2000年以来,环境监测(#2)、碳汇(#0)研究最多,另外近几年焦点聚集在可持续性(#8)、最小数据集(#3)、生物炭(#5)上。

为进一步揭示土壤质量研究主题的时间演进规律,本文分析了8大聚类中的164篇高中心性文献(中心性>0.01)。早期研究较多的是翻耕<sup>[30-31]</sup>、轮作<sup>[32-34]</sup>、施肥<sup>[35-36]</sup>等对土壤碳、氮及其组分的影响,同时探索以微生物为中心的敏感指标对不同管理措施<sup>[37]</sup>以及环

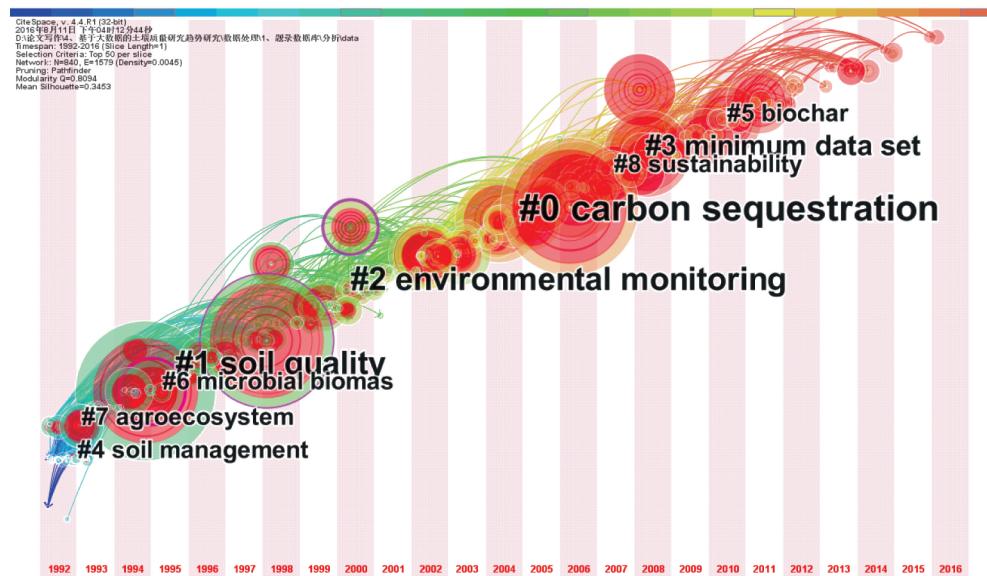


图4 文献共被引聚类时区视图  
Fig. 4 The time-zone view of co-cited literature cluster

境<sup>[38]</sup>的响应，这些工作为土壤质量概念的产生和应用奠定了基础。到20世纪90年代末21世纪初，土壤质量已经在土壤学界引起了较大的关注，而此时的焦点是如何定义土壤质量。诸多学者围绕其定义<sup>[7,39-40]</sup>、指标<sup>[41-43]</sup>、评价框架<sup>[4,28,44]</sup>进行了深入的讨论。目前较为广泛接受的是Doran等提出的<sup>[28]</sup>：在生态系统边界范围内保持作物生产力、维持环境质量、促进动植物健康的能力。随着研究的不断深入，对土壤质量评价标准、方法等的研究越来越多，同时也开始注重土壤质量在农业和环境中的应用<sup>[45-48]</sup>。不同尺度的土壤质量评价在全球范围内开展<sup>[49-53]</sup>。此外，最小数据集作为土壤质量评价的最优指标在土壤质量评价及监测工作中广泛应用。最小数据集所具有的低成本、高效率的特点也因此深受发展中国家土壤质量研究者的青睐<sup>[52,54-56]</sup>。当前，有机农业<sup>[57]</sup>与农业固碳<sup>[58]</sup>在全球气候变化中的作用受到广泛关注，同时，以生物炭为主的土壤修复与土壤质量的关系研究迅速兴起<sup>[59-60]</sup>。

上述主题演进的原因，一是由于人类的发展具有阶段性和动态性，受科技水平和国家间不同的农业和环境管理理念以及对生产力不同需求的制约，对土壤质量的理解、关注程度也有所不同。二是由于20世纪90年代初，全球气候变化和人类活动影响加剧，可持续发展成为众多学科的研究主题。同时，以中国为代表的众多发展中国家对粮食安全以及环境保护的双重需求也促进了土壤质量的发展。三是由于全球一体化的升级，各国学者之间的交流日益频繁，使土壤学全球化研究成为现实，不同学科学者的加入也让更多的视角丰富了土壤质量的内涵，使得土壤质量研究的学科体系不断完善，科学问题不断深入。

### 3.3 研究热点及其变迁

关键词是论文内容的提示符，是一篇文章的核心和精髓，也是对文章主题的高度概括和集中描述。利用VOSviewer软件对5 551篇文献进行关键词共现密度图的绘制，可以清晰地看出土壤质量领域的研究热点（图5），通过Citespace V绘制关键词突现表（表

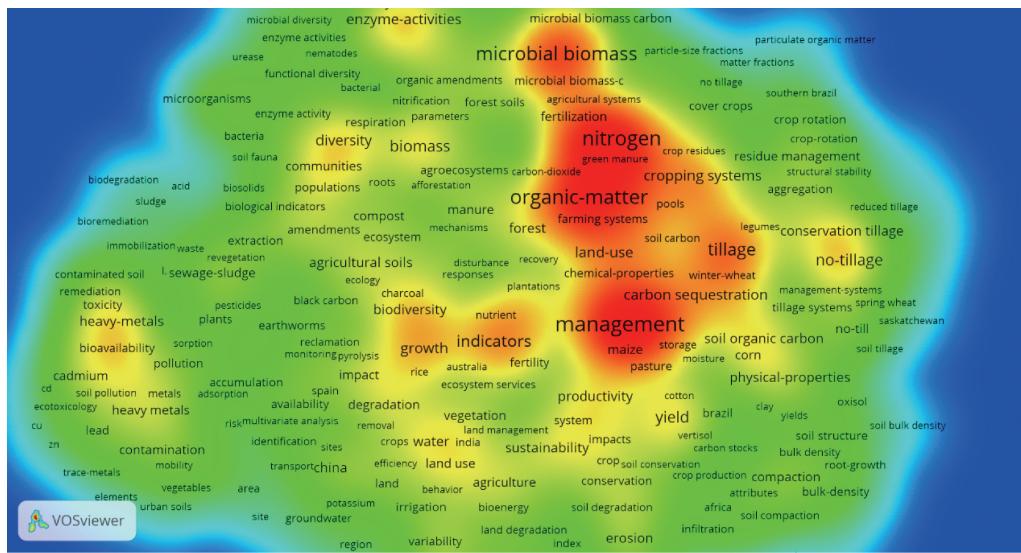


图5 关键词共现密度图

Fig. 5 The density view of keywords co-occurrence

3) 可以展现不同阶段土壤质量研究热点的变迁。图5中冷色调（蓝色）到暖色调（红色）代表关键词共现的频次越来越高，即研究热点的热度越高。可以看出，土壤质量研究领域的热点集中在有机质、氮、微生物生物量、土壤管理、耕作（保护性耕作、免耕）、种植制度、碳汇、土地利用、土壤质量指标、生物多样性、重金属、土壤修复、酶活性、产量等。关键词共现密度图只能定性地展现土壤质量研究热点，无法体现其时间变化规律，而关键词突现分析则可以定量地表示出不同研究热点的热度以及变迁规律（表3）。

1999年以前，研究热点主要是侵蚀、轮作制度、生物指标等（表3），而在1999年以后一直到2011年，土壤质量研究热点出现了快速的过渡，每一个研究热点的持续时间相对比较短，这表明，土壤质量在明确了其定义、评价指标、评价框架以及评价方法之后进入了一个快速发展阶段。由每一阶段的突现关键词可以看出，土壤质量生物指标和有机碳一直是该领域经久不衰的研究热点。此外，土壤质量早期的研究热点主要集中农业方面，且多描述单个土壤性质，例如有机质、团聚体等。随着研究的不断深入，当前涌现出土壤修复、碳汇、最小数据集、土地利用变化、森林、群落等一些研究热点，这也体现出土壤质量的研究开始倾向于环境方面。

### 3.4 土壤质量研究趋势

通过对关键文献、研究主题、关键词突现的综合分析，进行归纳总结，可以发现土壤质量目前呈现以下几个主要的研究趋势。

#### 3.4.1 农业是土壤质量研究永恒的主题，发展中国家将在土壤质量研究领域中发挥重要作用

相对于发达国家，发展国家人口众多，人均资源匮乏，农业管理也呈现农户个体经营零碎化，管理方式不一致。而发达国家机械化大规模操作，使得农业的管理趋于一致。从近几年土壤质量的研究趋势来看，发展中国家尤其是中国在其中所占的比例日益增大。随着全球一体化的快速推进，发展中国家对粮食安全和环境保护的诉求也愈加强

表3 关键词突现指标

Table 3 Keywords with strongest citation bursts

烈。第十八届国际土壤学大会指出,将来有两个主要趋势:在食物匮乏的国家,只要这种匮乏还存在,土壤科学主要就将致力于解决土壤肥力问题。不幸的是,这种威胁在非洲、亚洲和中南美洲都不断增长。土壤质量作为环境质量、粮食安全与经济问题的纽带<sup>[23-24]</sup>,迎合了发展中国家的需求。

### 3.4.2 土壤质量对土壤修复的响应将成为研究重点

土壤修复起步于20世纪70年代后期,是以消除污染毒害并恢复土壤功能为宗旨的一个研究方向<sup>[61]</sup>。近20 a来,随着社会经济的高速发展和高强度的人类活动,我国因污染退化的土壤数量与日俱增、范围不断扩大,土壤质量恶化加剧,土壤污染已成为我国乃至全球性土壤退化的主要形式之一<sup>[61]</sup>。2016年5月28日,国务院正式印发《土壤污染防治行动计划》,即“土十条”,这也标志着我国政府对土壤污染及修复的高度重视,是我国土壤修复领域的里程碑。近年来,除了传统的物理、化学、生物修复法之外,生物炭的应用也已经逐渐发展到土壤修复等环保领域。生物炭是生物质在缺氧或无氧条件下,以相对较低的温度热解所产生的一种富含碳元素的、多孔的细小颗粒<sup>[62]</sup>。多项研究表明,生物炭可以通过降低土壤酸度,提高植物养分的有效性和阳离子交换量<sup>[63-65]</sup>、吸附重金属<sup>[66]</sup>、固定土壤中的有机无机有毒化合物<sup>[67]</sup>,从而改善和提高土壤质量。然而,也有研究证明,生物炭对土壤质量、作物产量等具有负面效应<sup>[68-71]</sup>。因此,针对目前生物炭在农业领域广泛应用中的多种不确定性,Mukherjee等<sup>[72]</sup>指出,在短期内,依赖室内试验等手段将生物炭应用于土壤修复,这种研究是不确定和矛盾的,尽管生物炭具有减缓多种环境问题的潜力,但在广泛推广前,应对其生产工艺、成本效益等具有充分的了解。

### 3.4.3 全球土壤变化是未来土壤质量研究的趋势

不少土壤学家认为,跨世纪的全球战略任务是解决全球及地区性环境及其质量问题。从土壤学角度看,跨世纪的战略目标,除研究土壤自身基本性质及其发生规律外,主要是研究土壤及环境质量问题,这其中就包括土壤全球变化与环境。全球土壤变化作为全球变化的重要组成部分,其研究的最终目的是提高对全球变化的预测能力,为长远的土壤管理与规划的宏观决策提供科学依据<sup>[73]</sup>。气候变暖是全球变化的主要特征,温暖干旱的气候会导致蒸发能力增大,土壤含水量降低,孔隙度变大,促进有机碳的矿化分解<sup>[74]</sup>,同时气候变暖通过影响土壤微生物活动和生物量,进而改变土壤中的养分利用和碳氮循环,加快有机质分解及氮的流失,导致土壤质量下降<sup>[75]</sup>。与其他土壤区域性问题相比,例如盐碱化、重金属污染等,气候变化对土壤质量的影响是大范围的。以我国为例,气候变暖使我国西南地区水土流失加重,土壤肥力损失较大,土地质量明显下降。在东北地区,降雨变率增大,极端降雨事件频发,尽管如此,土壤湿度却呈减小趋势,干旱导致部分地区出现盐渍化和荒漠化现象<sup>[76]</sup>。由此可以看出,研究全球变化对土壤质量、农业生产的影响迫在眉睫,这也引起了全球范围内土壤学家的高度重视。

### 3.4.4 可持续发展仍然是土壤质量研究的基本思想

在全球尺度上,威胁自然资源与生命支持系统可持续性的关键问题是土壤退化、水资源匮乏与污染、生物多样性减少<sup>[77]</sup>,这些问题都与土壤质量密切相关<sup>[17]</sup>。可持续发展是当今国际社会共同关注的重大课题,而可持续发展的基础是农业的可持续发展。当前,由于耕作、灌溉、施肥、农药、地膜覆盖、秸秆管理等农作措施还存在很多的不科学性,严重阻碍了农业的可持续发展。土壤质量是衡量可持续性的标尺,可持续性的关

键在于土壤质量的提高和维持。针对不同国家和地区的实际情况，应制定相应评价标准，选择合适的评价指标，对退化、污染的土壤采取有效恢复措施，加强土壤质量动态监测。各个国家也应制定相应的土壤质量管理政策、法规，实现土壤管理的规范化和可持续化。

#### 4 结语

土壤质量概念的产生与发展有着深刻的时代背景和需求。人类发展的阶段性和动态性、全球气候变化与人类活动影响的加剧、学科的不断交融是决定土壤质量主题演变的主要因素。土壤质量在20多年的发展阶段中，涌现了一些标志性的经典文献，引发了大量学者关注，从而产生了新的研究点。依据Citespace V理论和分析结果，本文着重对文献中心性高于0.03、突现性高于4、共被引频次大于30的关键文献进行分析，综合以上量化指标，对该领域研究热点及其变迁进行了解析。在研究趋势方面，截取突现性大于4，开始年份为2011年，结束年份为2016年的关键词进行了分析。

国际土壤质量研究热点从有机质及其组分对管理措施的响应、微生物指标的敏感性、土壤质量的定义到土壤质量评价方法、评价指标和框架的完善，从理论转向实践，将土壤质量应用于农业生产和环境保护中。近年来，土壤质量的监测及其对土壤修复、全球气候变化的响应引发大量学者关注。在发展过程中，土壤质量由农业开始向环境方向渗透。国际土壤质量研究目前呈现4个趋势：1) 发展中国家将在土壤质量研究领域中发挥重要作用，这与发展中国家的发展需求和国内严峻形势有关；2) 土壤质量对土壤修复的响应将成为重点；3) 土壤质量对全球气候变化的响应以及应对措施成为未来的一个研究重点；4) 可持续发展仍然是土壤质量研究的主题，不同国家及地区应根据自身特点进行土壤质量的评价、监测、修复研究，制定法律、法规，保障土壤管理的规范化和可持续化。

#### 参考文献(References):

- [1] 曹志洪,史学正. 提高土壤质量是实现我国粮食安全保障的基础 [J]. 科学新闻, 2001(46): 9-10. [CAO Z H, SHI X Z. Improvement of soil quality is the basis of food safty in our country. Scientific News, 2001(46): 9-10. ]
- [2] HOWARD P J A. Soil protection and soil quality assessment in the EC [J]. Science of Total Enviroment, 1993, 129(1/2): 219-239.
- [3] KARLEN D L, WOLLENHAUPT N C, ERBACH D C, et al. Long-term tillage effects on soil quality [J]. Soil & Tillage Research, 1994, 32(4): 313-327.
- [4] HARRIS R F, KARLEN D L, MULLA D J. A conceptual framework for assessment and management of soil quality and health [C] // DORAN J W, JONES A J. Methods for Assessing Soil Quality. Madison, WI: Soil Science Society of America, 1996: 61-82.
- [5] SPOSITO G, ZABEL A. The assessment of soil quality [J]. Geoderma, 2003, 114(3/4): 143-144.
- [6] 孙波,赵其国,张桃林,等. 土壤质量与持续环境——III. 土壤质量评价的生物学指标 [J]. 土壤, 1997(5): 225-234. [SUN B, ZHAO Q G, ZHANG T L, et al. Soil quality and sustainable environment: The microbial indicators of soil quality assessment. Soils, 1997(5): 225-234. ]
- [7] KARLEN D L, MAUSBACH M J, DORAN J W, et al. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation [J]. Soil Science Society of America Journal, 1997, 61(1): 4-10.
- [8] DICK R P. Soil Enzyme Activities as Indicators of Soil Quality1 [C] // DORAN J W, COLEMAN D C, BEZDICEK D F, et al. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Madison, WI: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. 1994: 107-124.

- [9] ARSHAD M A, COEN G M. Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria [J]. American Journal of Alternative Agriculture, 1992, 7(7): 25-31.
- [10] KARLEN D L, WOLLENHAUPT N C, ERBACH D C, et al. Crop residue effects on soil quality following 10-years of no-till corn [J]. Soil & Tillage Research, 1994, 31(2/3): 149-167.
- [11] SPARROW S D, LEWIS C E, KNIGHT C W. Soil quality response to tillage and crop residue removal under subarctic conditions [J]. Soil & Tillage Research, 2006, 91(1/2): 15-21.
- [12] SITHOLE N J, MAGWAZA L S, MAFONGOYA P L. Conservation agriculture and its impact on soil quality and maize yield: A South African perspective [J]. Soil & Tillage Research, 2016, 162: 55-67.
- [13] SINHA N K, CHOPRA U K, SINGH A K. Cropping system effects on soil quality for three agro-ecosystems in India [J]. Experimental Agriculture, 2014, 50(3): 321-342.
- [14] 张桃林, 潘剑君, 赵其国. 土壤质量研究进展与方向 [J]. 土壤, 1999(1): 1-7. [ZHANG T L, PAN J J, ZHAO Q G. The research advance and direction of soil quality. Soils, 1999(1): 1-7.]
- [15] 刘占锋, 傅伯杰, 刘国华, 等. 土壤质量与土壤质量指标及其评价 [J]. 生态学报, 2006, 26(3): 901-913. [LIU Z F, FU B J, LIU G H, et al. Soil quality: Concept, indicators and its assessment. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(3): 901-913.]
- [16] 陈美军, 段增强, 林先贵. 中国土壤质量标准研究现状及展望 [J]. 土壤学报, 2011, 48(5): 1059-1071. [CHEN M J, DUAN Z Q, LIN X G. Status quo and prospects of the study on soil quality standards in China. Acta Pedologica Sinica, 2011, 48(5): 1059-1071.]
- [17] 连纲, 郭旭东, 王静, 等. 土壤质量与可持续土地利用管理 [J]. 生态学杂志, 2005, 24(2): 163-169. [LIAN G, GUO X D, WANG J, et al. Soil quality and sustainable land management (SLM). Chinese Journal of Ecology, 2005, 24(2): 163-169.]
- [18] CHEN C M, HU Z G, LIU S B, et al. Emerging trends in regenerative medicine: A scientometric analysis in CiteSpace [J]. Expert Opinion on Biological Therapy, 2012, 12(5): 593-608.
- [19] CHEN C M, SONG I Y, YUAN X J, et al. The thematic and citation landscape of Data and Knowledge Engineering (1985-2007) [J]. Data & Knowledge Engineering, 2008, 67(2): 234-259.
- [20] VIRTO I, IMAZ M, FERNÁNDEZ-UGALDE O, et al. Soil degradation and soil quality in western Europe: Current situation and future perspectives [J]. Sustainability, 2015, 7(1): 313-365.
- [21] CHEN H M, ZHENG C R, TU C, et al. Heavy metal pollution in soils in China: Status and countermeasures [J]. AMBIO, 1999, 28(2): 130-134.
- [22] LIU Y, WEN C, LIU X. China's food security soiled by contamination [J]. Science, 2013, 339(6126): 1382-1383.
- [23] LARSON W E, PIERCE F J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management [C] // DORAN J W, COLEMAN D C, BEZDICEK D F, et al. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Madison, WI: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, 1994: 37-51.
- [24] HUSSAIN I, OLSON K R, WANDER M M, et al. Adaptation of soil quality indices and application to three tillage systems in southern Illinois [J]. Soil & Tillage Research, 1999, 50(3/4): 237-249.
- [25] BREJDA J J, MOORMAN T B, KARLEN D L, et al. Identification of regional soil quality factors and indicators: I. Central and Southern High Plains [J]. Soil Science Society of America Journal, 2000, 64(6): 2115-2124.
- [26] GREGORICH E G, CARTER M R, ANGERS D A, et al. Towards a minimum data set to assess soil organic-matter quality in agricultural soils [J]. Canadian Journal of Soil Science, 1994, 74(4): 367-385.
- [27] WEST T O, POST W M. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: A global data analysis [J]. Soil Science Society of America Journal, 2002, 66(6): 1930-1946.
- [28] DORAN J W, COLEMAN D C, BEZDICEK D F. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment [M]. Madison, WI: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, 1994.
- [29] GIL-SOTRES F, TRASAR-CEPEDA C, LEIROS M C, et al. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties [J]. Soil Biology & Biochemistry, 2005, 37(5): 877-887.
- [30] ARSHAD M A, SCHNITZER M, ANGERS D A, et al. Effects of till vs no-till on the quality of soil organic matter [J]. Soil Biology & Biochemistry, 1990, 22(5): 595-599.
- [31] CAMPBELL C A, MCCONKEY B G, ZENTNER R P, et al. Long-term effects of tillage and crop rotations on soil organic C and total N in a clay soil in southwestern Saskatchewan [J]. Canadian Journal of Soil Science, 1996, 76(3): 395-401.
- [32] BIEDERBECK V O, CAMPBELL C A, ZENTNER R P. Effect of crop rotation and fertilization on some biological

- properties of a loam in southwestern Saskatchewan [J]. Canadian Journal of Soil Science, 1984, 64(3): 355-367.
- [33] CAMPBELL C A, BIEDERBECK V O, ZENTNER R P, et al. Effect of crop rotations and cultural practices on soil organic matter, microbial biomass and respiration in a thin Black Chernozem [J]. Canadian Journal of Soil Science, 1991, 71(3): 363-376.
- [34] FRANZLUEBBERS A J, HONS F M, ZUBERER D A. Tillage and crop effects on seasonal soil carbon and nitrogen dynamics [J]. Soil Science Society of America Journal, 1995, 59(6): 1618-1624.
- [35] CAMPBELL C A, SCHNITZER M, JWB S, et al. Effect of manure and P fertilizer on properties of a black chernozem in southern Saskatchewan [J]. Canadian Journal of Soil Science, 1986, 66(4): 601-614.
- [36] CAMPBELL C A, ZENTNER R P. Soil organic-matter as influenced by crop rotations and fertilization [J]. Soil Science Society of America Journal, 1993, 57(4): 1034-1040.
- [37] FRANZLUEBBERS A J, HONS F M, ZUBERER D A. Seasonal changes in soil microbial biomass and mineralizable C and N in wheat management systems [J]. Soil Biology & Biochemistry, 1994, 26(11): 1469-1475.
- [38] BROOKES P C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals [J]. Biology & Fertility of Soils, 1995, 19(4): 269-279.
- [39] WARKENTIN B P. The changing concept of soil quality [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1995, 50(3): 226-228.
- [40] SOJKA R E, UPCHURCH D R. Reservations regarding the soil quality concept [J]. Soil Science Society of America Journal, 1999, 63(5): 1039-1054.
- [41] CAMPBELL C A, MCCONKEY B G, BIEDERBECK V O, et al. Long-term effects of tillage and fallow-frequency on soil quality attributes in a clay soil in semiarid southwestern Saskatchewan [J]. Soil & Tillage Research, 1998, 46(3/4): 135-144.
- [42] VISSER S, PARKINSON D. Soil biological criteria as indicators of soil quality: Soil microorganisms [J]. American Journal of Alternative Agriculture, 1992, 7(1): 33-37.
- [43] YAKOVCHENKO V, SIKORA L J, KAUFMAN D D. A biologically based indicator of soil quality [J]. Biology & Fertility of Soils, 1996, 21(4): 245-251.
- [44] ANDREWS S S, CARROLL C R. Designing a soil quality assessment tool for sustainable agroecosystem management [J]. Ecological Applications, 2001, 11(6): 1573-1585.
- [45] WANDER M M, BOLLERO G A. Soil quality assessment of tillage impacts in Illinois [J]. Soil Science Society of America Journal, 1999, 63(4): 961-971.
- [46] ANDREWS S S, MITCHELL J P, MANCINELLI R, et al. On-farm assessment of soil quality in California's central valley [J]. Agronomy Journal, 2002, 94(1): 12-23.
- [47] ANDREWS S S, KARLEN D L, MITCHELL J P. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in northern California [J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2002, 90(1): 25-45.
- [48] NORTCLIFF S. Standardisation of soil quality attributes [J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2002, 88(2): 161-168.
- [49] SPARLING G P, SCHIPPER L A. Soil quality at a national scale in New Zealand [J]. Journal of Environmental Quality, 2002, 31(6): 1848-1857.
- [50] ASKARI M S, HOLDEN N M. Quantitative soil quality indexing of temperate arable management systems [J]. Soil & Tillage Research, 2015, 150: 57-67.
- [51] YAO R J, YANG J S, GAO P, et al. Determining minimum data set for soil quality assessment of typical salt-affected farmland in the coastal reclamation area [J]. Soil & Tillage Research, 2013, 128: 137-148.
- [52] ROJAS J M, PRAUSE J, SANZANO G A, et al. Soil quality indicators selection by mixed models and multivariate techniques in deforested areas for agricultural use in NW of Chaco, Argentina [J]. Soil & Tillage Research, 2016, 155: 250-262.
- [53] GONG L, RAN Q Y, HE G X, et al. A soil quality assessment under different land use types in Keriya River Basin, southern Xinjiang, China [J]. Soil & Tillage Research, 2015, 146: 223-229.
- [54] GONG L, HE G X, LIU W G. Long-term cropping effects on agricultural sustainability in Alar Oasis of Xinjiang, China [J]. Sustainability, 2016, 8(1). doi: 10.3390/su8010061.
- [55] DUVAL M E, GALANTINI J A, MARTINEZ J M, et al. Sensitivity of different soil quality indicators to assess sustainable land management: Influence of site features and seasonality [J]. Soil & Tillage Research, 2016, 159: 9-22.
- [56] CHENG J J, DING C F, LI X G, et al. Soil quality evaluation for navel orange production systems in central subtropical

- China [J]. *Soil & Tillage Research*, 2016, 155: 225-232.
- [57] MADER P, FLIESSBACH A, DUBOIS D, et al. Soil fertility and biodiversity in organic farming [J]. *Science*, 2002, 296(5573): 1694-1697.
- [58] GATTINGER A, MULLER A, HAENI M, et al. Enhanced top soil carbon stocks under organic farming [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2012, 109(44): 18226-18231.
- [59] ANDERSON C R, CONDRON L M, CLOUGH T J, et al. Biochar induced soil microbial community change: Implications for biogeochemical cycling of carbon, nitrogen and phosphorus [J]. *Pedobiologia*, 2011, 54(5/6): 309-320.
- [60] VAN ZWIETEN L, KIMBER S, MORRIS S, et al. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agro-economic performance and soil fertility [J]. *Plant and Soil*, 2009, 327(1/2): 235-246.
- [61] 骆永明, 滕应, 过园. 土壤修复——新兴的土壤科学分支学科 [J]. *土壤*, 2005, 37(3): 230-235. [LUO Y M, TENG Y, GUO Y. Soil remediation: A new branch discipline of soil science. *Soils*, 2005, 37(3): 230-235.]
- [62] COLLA T S, ANDREAZZA R, BUCKER F, et al. Bioremediation assessment of diesel-biodiesel-contaminated soil using an alternative bioaugmentation strategy [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2014, 21(4): 2592-2602.
- [63] CHENG C H, LEHMANN J, THIES J E, et al. Oxidation of black carbon by biotic and abiotic processes [J]. *Organic Geochemistry*, 2006, 37(11): 1477-1488.
- [64] LIANG B, LEHMANN J, SOLOMON D, et al. Black Carbon increases cation exchange capacity in soils [J]. *Soil Science Society of America Journal*, 2006, 70(5): 1719-1730.
- [65] LEE J W, KIDDER M, EVANS B R, et al. Characterization of biochars produced from cornstovers for soil amendment [J]. *Environmental Science & Technology*, 2010, 44(20): 7970-7974.
- [66] FREDDO A, CAI C, REID B J. Environmental contextualisation of potential toxic elements and polycyclic aromatic hydrocarbons in biochar [J]. *Environmental Pollution*, 2012, 171(4): 18-24.
- [67] OGBONNAYA U, SEMPLE K. Impact of biochar on organic contaminants in soil: A tool for mitigating risk? [J]. *Agronomy*, 2013, 3(2): 349-375.
- [68] BUSSCHER W J, NOVAK J M, EVANS D E, et al. Influence of pecan biochar on physical properties of a norfolk loamy sand [J]. *Soil Science*, 2010, 175(1): 10-14.
- [69] MUKHERJEE A, LAL R, ZIMMERMAN A R. Effects of biochar and other amendments on the physical properties and greenhouse gas emissions of an artificially degraded soil [J]. *Science of the Total Environment*, 2014, 487(14): 26-36.
- [70] NZANZA B, MARAIS D, SOUNDY P. Effect of arbuscular mycorrhizal fungal inoculation and biochar amendment on growth and yield of tomato [J]. *International Journal of Agriculture & Biology*, 2012, 14(6): 965-969.
- [71] GASKIN J W, SPEIR R A, HARRIS K, et al. Effect of peanut hull and pine chip biochar on soil nutrients, corn nutrient status, and yield [J]. *Agronomy Journal*, 2010, 102(2): 623-633.
- [72] MUKHERJEE A, LAL R. The biochar dilemma [J]. *Soil Research*, 2014, 52(3): 217-230.
- [73] 赵其国. 21世纪土壤科学展望 [J]. *地球科学进展*, 2001, 16(5): 704-709. [ZHAO Q G. Prospects of soil science in the 21st century. *Advance in Earth Sciences*, 2001, 16(5): 704-709.]
- [74] 刘彦随, 刘玉, 郭丽英. 气候变化对中国农业生产的影响及应对策略 [J]. *中国生态农业学报*, 2010, 18(4): 905-910. [LIU Y S, LIU Y, GUO L Y. Impact of climatic change on agricultural production and response strategies in China. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2010, 18(4): 905-910.]
- [75] 张乃莉, 郭继勋, 王晓宇, 等. 土壤微生物对气候变暖和大气N沉降的响应 [J]. *植物生态学报*, 2007, 31(2): 252-261. [ZHANG N L, GUO J X, WANG X Y, et al. Soil microbial feedbacks to climate warming and atmospheric N deposition. *Journal of Plant Ecology*, 2007, 31(2): 252-261.]
- [76] LIU Y, WANG D, GAO J, et al. Land use/cover changes, the environment and water resources in Northeast China [J]. *Environmental Management*, 2005, 36(5): 691-701.
- [77] SISK T D, LAUNER A E, SWITKY K R, et al. Identifying Extinction Threats: Global Analyses of the Distribution of Biodiversity and the Expansion of the Human Enterprise [M]. New York, USA: Springer, 1994.

## Hotspots and Trends in International Soil Quality Research

LI Bin-bin<sup>1</sup>, XU Ming-xiang<sup>1,2</sup>, GONG Chen<sup>2</sup>, LI Pan-pan<sup>1</sup>

(1. College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling 712100, China;

2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on Loess Plateau,

Institute of Soil and Water Conservation, CAS and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, China)

**Abstract:** In the last few years, considerable literature relating to soil quality has grown up. There has been a great change in the research field of soil quality as the global climate change and environment pollution problems are getting worse. Confronting a massive amount of research literature, the use of traditional methods for reviewing publications has a certain limitation. Therefore, it is necessary to take the advantage of scientific metrology and information technology to quantify and qualify the research literature in this field. Using Citespace V software for visualizing patterns and trends in scientific literature, we analyzed classical literature which focused on this field, documented the association of co-citation literature with keyword co-appearance network. According to clustering analysis and the burst detection, we found that the focuses of global soil quality research changed from the response of soil organic carbon and its fractions to management practices, the sensitivity of microbial indicators, and definition of soil quality to methods, indicators and framework of soil quality assessment. Compared to theoretical research, the application soil quality research in practice such as agricultural production and environmental monitoring was gradually strengthened. Currently, the soil quality monitoring and its response to global climate change and soil amendment have attracted a large number of attentions. The proportion of environment rather than agriculture application has been progressively increased. In the near future, soil quality research will show following trends: 1) Developing countries will play an important role in this field due to their increasing needs for food safety and environmental protection. 2) The response of soil quality to global climate change and soil restoration will be the research priority. 3) Sustainable development is still the topic in this research field. We suggested that soil quality assessment, monitoring and restoration should be implemented based on the features of the countries and regions. Laws and regulations should be made to guarantee the normalization and sustainability of soil management. Visualization of research literature enables us to observe and understand the state of the research field more intuitively and explore the hidden rules and patterns, which can be a useful supplementary to traditional literature reviews.

**Key words:** soil quality; research hotspot; research trend; map of scientific knowledge; Citespace